

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 01-155677

(43)Date of publication of application : 19.06.1989

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 62-314374

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 11.12.1987

(72)Inventor : KINOSHITA JUNICHI

## (54) DISTRIBUTED FEEDBACK TYPE SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

## (57)Abstract:

PURPOSE: To manufacture a laser element at a high yield, which is able to oscillate in a single longitudinal mode by a method wherein ranges of a standardized coupling coefficient  $kL$  proportional to a depth of a diffraction grating, the length of a resonator, and the like, and a reflectance of an end face are optimized.

CONSTITUTION: A diffraction grating and a waveguide path structure both uniform in a direction of a resonator axis are formed, one of end faces is made to be 30% by optical power in reflectance and the other end face is made to be 5% in reflectance, and that the product  $kL$  of a coupling coefficient  $k$  and the length  $L$  of a resonator is determined so as to satisfy an inequality,  $0.4 \cdot kL \cdot 1.3$ . When a reflectance of an end face and the product  $kL$  of a coupling coefficient  $k$  and a resonator length  $L$  are determined, a light intensity inside a laser element is taken into consideration and also a mode instability due to a hole burning phenomenon which occurs in a direction of a resonator axis is taken into consideration.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office



⑬ 日本国特許庁(JP)

⑭ 特許出願公開

⑯ 公開特許公報(A)

平1-155677

① Int. Cl.

H 01 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

7377-5F

② 公開 平成1年(1989)6月19日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

④ 発明の名称 分布帰還型半導体レーザ素子

⑤ 特 願 昭62-314374

⑥ 出 願 昭62(1987)12月11日

⑦ 発 明 者 木 下 順 一 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8 株式会社東芝横浜事業所内

⑧ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

⑨ 代 理 人 弁 理 士 須 山 佐 一

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

分布帰還型半導体レーザ素子

## 2. 特許請求の範囲

(1) 共振軸方向に均一な屈折格子と均一な導波路構造を具備し、一方の端面がほぼ30%の光パワーの反射率を有している分布帰還型半導体レーザ素子において、

少なくとも他方の端面の端面反射率を5～15%とするとともに結合係数 $\kappa$ と共振器長 $l$ との積 $\kappa l$ の値を $0.4 \leq \kappa l \leq 1.3$ として構成したことを特徴とする分布帰還型半導体レーザ素子。

(2) 他方の端面反射率を5～15%とし、このときの結合係数 $\kappa$ と共振器長 $l$ との積 $\kappa l$ の値を $0.4 \leq \kappa l \leq 1.0$ として構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の分布帰還型半導体レーザ素子。

(3) 両端面の反射率を共に5～15%とし、このときの結合係数 $\kappa$ と共振器長 $l$ との積 $\kappa l$ の値を $0.6 \leq \kappa l \leq 1.3$ として構成したことを特徴とす

る特許請求の範囲第1項記載の分布帰還型半導体レーザ素子。

## 3. 発明の詳細な説明

## 【発明の目的】

(産業上の利用分野)

本発明は作り付けの屈折格子を光フィードバックとして利用して発振動作を行う分布帰還型半導体レーザ素子に関する。

(従来の技術)

近年、開発が進んだ分布帰還型半導体レーザ素子(DFB-LD: Distributed feedback Laser

Diode)は、その共振軸方向に周期的な凹凸(屈折格子)が形成されており、その屈折格子の周期に適合した縦モードのみを優先的に光フィードバック(光帰還)を行い、単一縦モード発振(1本の発振線)を可能としている。従って、このレーザ素子に苛せる期待は大きく、特に長距離大容量光通信用光源としてGaInAsP/InP系材料を用いた分布帰還型半導体レーザ素子が実用化されている。

ところで、このような利点をもつ分布帰還型半

導体レーザー素子であるが、製造時において必然的に形成されてしまう両端の反射端面の影響により単一モード性に関しては歩留り上の大きな不安がある。

この反射端面と回折格子の位相との位置関係が縦モードの発振特性に大きな影響を与え実質的に両者の位置関係の制御が困難であるため、この問題を徹底的な問題に帰着させてしまう。

この問題を解決するために、分布型導型半導体レーザー素子の共振器中央部に導波長 $\lambda$ の1/4に相当する回折格子の不連続部(1/4位相シフト領域)を設けるとともに、その両端面にARコート(無反射コーティング)を施して両端面の反射率を限りなく零に近づけるように形成されている。

(発明が解決しようとする問題点)

しかしながら、このような位相シフト型分布型導型レーザー素子においても、結合係数 $\kappa$ と共振器長 $L$ との積 $\kappa L$ (回折格子による光のフィードバック量に対応する)の値が1.25付近にないと軸方向のホールバーニングが発生し、単一モード

特性が得られ、歩留りを極めて低くして製造できる分布型導型半導体レーザー素子を提供するものである。

(発明の構成)

(問題点を解決するための手段)

本発明の分布型導型半導体レーザー素子は、共振器軸方向に均一な回折格子と均一な導波路構造を具備し、一方の端面がほぼ30%の光パワーの反射率を有している分布型導型半導体レーザー素子において、少なくとも他方の端面の端面反射率を5~15%とするとともに結合係数 $\kappa$ と共振器長 $L$ との積 $\kappa L$ の値を0.4 $\leq \kappa L \leq 1.3$ として構成したことを特徴とするものである。

即ち、比較的製作の容易な内部に位相シフト部を持たない一様な回折格子および導波路構造を有する分布型導型レーザー素子において、その回折格子の深さと共振器長等按比例する最適化結合係数 $\kappa L$ の範囲と端面の反射率の範囲を最適化することにより単一モード歩留りを大きくすることができるものである。これらのパラメータは外観に

特性を照らすことが記載されている(特開他 電子情報通論学会、光子エレクトロニクス研究会 00E86-7 pp.49-56、1987年)。

また、1/4位相シフト部は共振器長方向の中央部に正確に設定する必要があり、さらには両端面を完全無反射となるようにARコート施さなくてはならず、その製作工程は極めて複雑であった。例えば1/4位相シフト部の製作においては、ポジレジストとネガレジストの両方を用いて回折格子を基板に転写する方法(宇高他 昭和60年春学術用物理学会 講演会 予稿、講演番号29D-ZB-15)や、位相マスクを通して露光する方法(白崎他、昭和60年度 電子通信学会半導体材料部門 全国大会(秋) 講演番号311)等が知られている。

このように、従来の分布型導型半導体レーザー素子では、その作製において単一モード歩留りおよび製作工程が複雑であるという問題点を有していた。

本発明は上述した問題点を解決するためになされたもので、比較的製作が容易でかつ単一モード

より目立つものではないが、この種のレーザー素子が反射率と $\kappa L$ の値等でその特性が決定する意味から、これらのパラメータの相違は製造上の大きな違いとみなすことができる。

(作用)

本発明の特徴は端面の反射率と $\kappa L$ 値の最適値を決定するに際し、レーザー素子内部の光強度分布を考慮した点にあり、共振器軸方向におけるホールバーニングの現象によるモードの不安定性をも考慮している。従来はしきい値の一番低いモード(主モード)と次にしきい値の低いモード(副モード)とのゲイン差 $\Delta\alpha$ ( $=\alpha_1 - \alpha_2$ )のみに着目し、その値が大きければ良いとされていた。従って内部光分布にも着目してより現実に近いものとし、従来とは異なる最適値を見出したことに本発明の特徴がある。

(実施例)

以下、本発明の実施例について図を参照して説明する。

本発明はその原理および作用に重点のある相違

的なものであるため、それを中心に説明する。

第1図は分布型半導体レーザー素子の発振モード特性の一例を示す図面である。

横軸はブラッグ(Bragg)条件での共振を示し、縦軸は伝搬定数のブラッグ条件からのずれ( $\delta = \beta - \beta_0$ 、 $\beta_0$ はブラッグ条件での伝搬定数)と共振器の損失でプロットしている。また、縦軸はミラー損失分に対応するしきい値ゲイン $\alpha$ と共振器損失との値である。図中の白丸は各振モードを示し、最低しきい値ゲイン $\alpha$ を有するものが主モード(単一振モード発振する)である。

規格化しきい値ゲイン差 $\Delta\alpha$ とは、主モードの規格化しきい値ゲイン $\alpha_0$ と次にしきい値ゲインの小さい副モードの規格化しきい値ゲイン $\alpha_1$ との差である。従来はこの値が大きければそれだけ単一振モード性が良いとされ、規格化結合係数 $\kappa$ が大きければ大きいほど $\Delta\alpha$ が大きくなるため、 $\kappa$ を大きくすることが望まれていた。また片端面の反射率を下げることで大きい $\Delta\alpha$ を得る確率を制やすことが提案されており、この

場合、片面の反射率は2%程度まで落さなければならぬとされていた。

しかしながら、前述したように、発振以後の単一振モードの安定性は $\Delta\alpha$ のみによるものではなく、その共振器軸方向における内部光強度分布の影響を強く受けることが指摘されており、この現象は軸方向のホールバーニングと呼ばれている。

即ち、共振器軸方向で光強度の強い領域があると、その領域の注入キャリア密度は他の領域と比較して減少する。このキャリア密度の軸方向の分布はプラズマ効果、バンドギャップの变化を通じて軸方向の屈折率分布を不均一なものとする。分布型半導体レーザー素子の場合は等価屈折率の変化は光波の位相が屈折格子に対して部分的に変化することを意味し、等価的な位相シフトを形成したことになる。このような構造上の変化は、分布型半導体レーザー素子の発振条件の連続的な変化を誘起する原因となる。これが軸方向ホールバーニングと呼ばれるものである。

この変化は、 $\Delta\alpha$ が大きければ $\Delta\alpha$ が零になる

まで連続的に発生し続け、外側分子動率の変化、温度現象波形への歪み等、両端面からの光出力の非対称な増減関係等のリニアではない不都合な現象を示す。 $\Delta\alpha$ が零になれば、モードが次の振モードにジャンプし電流-光出力特性にも折れ曲り(キック(Kink))を生じる。

従って、 $\Delta\alpha$ の小さい素子では余裕がないため、発振後は容易にモードジャンプを起す。しかし、 $\Delta\alpha$ が小さくてもこのホールバーニングが起らなければ単一振モード性は保持される。逆に $\Delta\alpha$ が大きい素子では軸方向ホールバーニングによる電流-光出力特性に強い非直線性を生じた後にモードジャンプを起こして単一振モード性が破壊されることがある。勿論、 $\Delta\alpha$ も大きく、内部光強度分布も平坦で軸方向ホールバーニングが起らなければ、それが最も好ましい。

このように分布型半導体レーザー素子のレーザー発振の振舞いが実験、理論の両面から解明されつつある。

本発明はこのような現状を背景に $\Delta\alpha$ も大きく、

また軸方向ホールバーニングの影響も少ない構造パラメータを求めることにより、実際に安定な単一振モード動作を実現する分布型半導体レーザー素子を歩留り良く作製することが可能となる。

本発明の数値的限定は以下の計算によるものである。

即ち、規格化モードゲイン差 $\Delta\alpha$ が0.05以上であり、共振器軸方向の光強度分布の最小値と最大値の比 $FR = I_{min} / I_{max}$ が0.8以上である( $FR$ の値が1に近づけば近づくほど、光分布が平坦で軸方向ホールバーニングも小さい。例えば、へき開面を用いた通常のファブリーペロー型レーザー素子では $FR$ は約0.8強である)。

この二つの条件を同時に満足する分布型半導体素子は、比較的単一振モード特性に優れているものと考えられる。尚、 $FR$ の定義を第2図に例示した。

上記二つの条件を満足するレーザー素子が、任意のへき開面位相で得られる確立を、 $\kappa$ の値および片面の反射率の値をパラメータとして等確率図

図として表したものが、第3図および第4図である。第3図は、もう一方の端面の反射率が30%（へき端面）として固定したものを示し、第4図は、もう一方の端面の反射率が10%として求めたものを示している。

この計算は結合波動方程式を用いた分布型型半導体レーザ素子の基礎的な理論に基づいている。

第3図から片端面がへき端面である場合には  $0.5 < \kappa L < 1.0$  でもう片端面の反射率が10%前後であれば40%以上の歩留りでFRと $\Delta\alpha L$ の両方の条件を満たす素子が得られる。

また、両面の反射率を変化させた場合には、両面の反射率が共に10%であるときが最も高い歩留りが得られ、 $1.0 \leq \kappa L \leq 1.2$  で80%もの値が得られる。

このように本発明は理論的に最も単一モード性の良い分布型型半導体レーザ素子の製造を定めたものである。

ところで、従来の分布型型半導体レーザ素子の製作工程においては $\kappa L$ の値を自在に制御し、

また反射端面の反射率を制御することもその精度において限界がある。しかし、大抵にはその傾向をみることができる。

GalnAsP/InP 材料を用いた分布型型半導体レーザ素子の両面へき端のものでは、 $\kappa L$ が1を超えると第3図から単一モード歩留りは落ち、レーザ発振後、キックの発生が多発するものが検出するものと予想されるが、現に $\kappa L$ 値が1.5以上あると思われたウェファからはキックによるチェックアウトにより、その歩留りは数%と極めて低かった。しかしながら、 $\kappa L$ が1より極かに小さいと送られる素子では、数10%の歩留りで80Wの光出力までI-Lカーブにキックのみられない素子が得られた。

#### 〔発明の効果〕

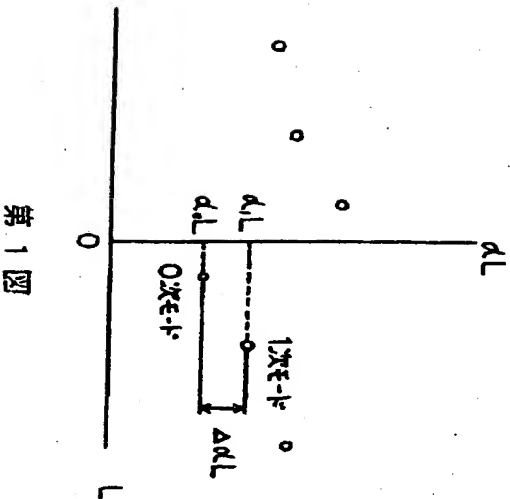
以上説明したように本発明の分布型型半導体レーザ素子によれば、単一モード発振の得られるレーザ素子を著しく高歩留りで製作することが可能となる。本発明は分布型型半導体レーザ素子の本質的特性に立脚したものであり、レーザ素

子の製造化を可能とするものである。従って、そのコストダウンと普及に対し大きく貢献することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

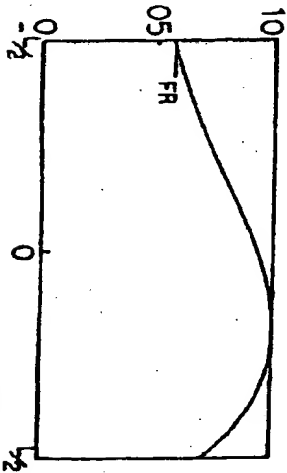
第1図は、 $\Delta\alpha L$ を説明するための $\alpha L - \delta L$ ダイアグラム、第2図はFRの定義を説明するための分布型型半導体レーザ素子の内部光強度分布の一例を示す図、第3図は片端面の反射率が30%（へき端面）の場合のもう一方の端面反射率（縦軸）と $\kappa L$ の値（横軸）を変化させたとき、 $\Delta\alpha L$ の値が0.05以上でFR（内部光強度分布の平坦性を示すパラメータ）が0.1以上である素子の得られる歩留りを等高線表示した図、第4図は第3図において片端面の反射率を10%と固定した場合の等高線表示を示す図である。

出願人 株式会社 東芝  
代理人 弁理士 須山 佐一



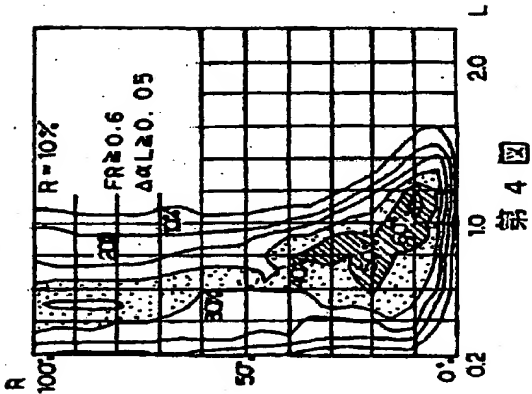
第 1 図

規格化内部光強度分布

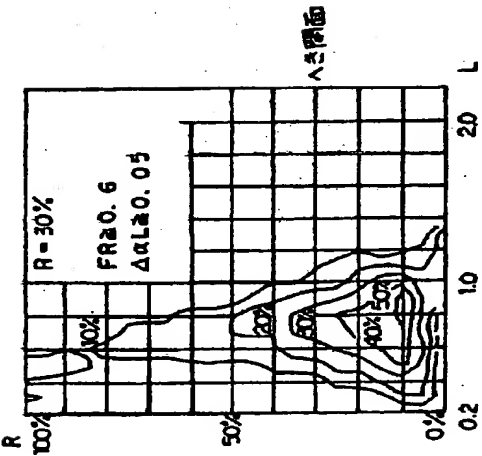


$$FR = \frac{I_{min}}{I_{max}}$$

第 2 図



第 3 図



第 4 図

